

# A KORONAVÍRUSJÁRVÁNY 2020-BAN

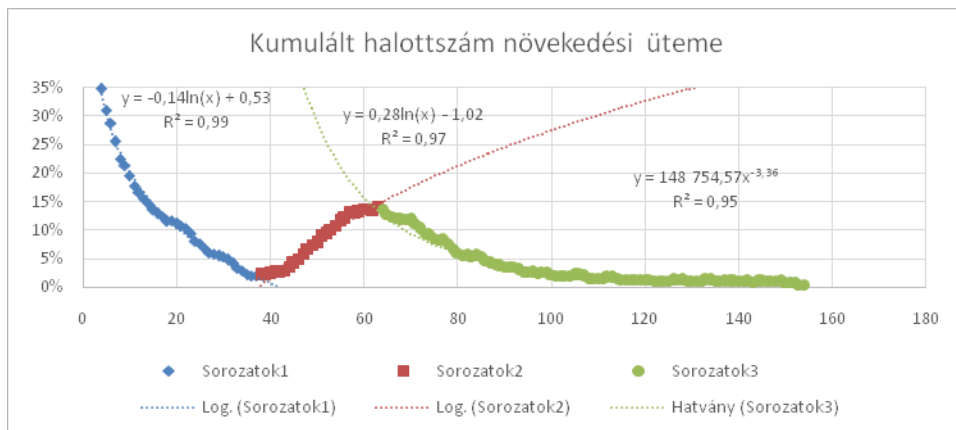
CSILLIK PÉTER  
*egyetemi docens (KRE ÁJK)*

## 1. Bevezetés

A koronavírusjárvány váratlanul tört rá a világra, a széles körben elfogadott álláspont szerint 2019 őszén–telén jelent meg Kínában. Az állatról emberre terjedő vírus kapcsán hol a tobzoscákát, hol a nyestkutyákat, hol a gyenge biztonsági protokollok mellett kísérletező kínai laborokat említi a nemzetközi sajtó és a szakirodalom is, a legtöbb feltételezés azonban kevésbé megbízható, azaz még nem bizonyított.<sup>1</sup> Komoly gondok vannak az áldozatok számának pontosságát illetően, nem teljesen egységes annak definíciója, hogy ki számít vírushalottnak (ha egy halottban felfedezik a vírus jelét, akkor egyesek vírushalottnak minősítik, még ha nincs is bizonyíték arra, hogy abban halt meg, és fordítva, emberek lehetnek a vírushalál áldozatai, de nem mindenkit vizsgáltak meg, akik az elmúlt hónapokban meghaltak). Ezzel együtt is a Worldometer adatbázisát<sup>2</sup> az elemzés kiindulópontjának tartjuk. Előljáróban megjegyezzük, hogy nem kevés esetben korrigálják az adatokat, így ez az elemzés szükségképp csak a letöltés napján rendelkezésre álló adatokat elemzi.

A világjárvány vonatkozásában ez az adatbázis 2020. január 23-ával kezdődik és június 24-ig tart, azaz öt hónap adatait tartalmazza. Az amerikai John Hopkins Kórház elemzőinek gyakorlatát követjük és (középre rendezett) öt napi mozgó átlagot számítunk és a továbbiakban ezt elemezzük.<sup>3</sup> Megvizsgáljuk a járvány lefutásának szabályszerűségeit és becslést adunk a későbbiekre nézve, azzal, hogy az eddigi előrejelzések – a vírus szokatlan viselkedése következtében – jellemzően tévesnek bizonyultak (amerikaiak, európaiak és ázsiaiak is tévedtek), így nem lenne meglepő, ha jelen prognózis is osztozna a tévedésben. Mégis, a szakma kötelez: csak olyan közgazdasági kijelentésnek van értelme, amiből prognózis – bizonyuljon az helyesnek vagy helytelennek – is kinyerhető.

- 
- 1 LAM, Tommy Tsan-Yuk – JIA, Na – ZHANG, Ya-Wei *et al.*: Identifying SARS-CoV-2-related coronaviruses in Malayan pangolins. *Nature*, 2020. 03. 26. <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2169-0> (2020. 06. 25.)
  - 2 <https://www.worldometers.info/coronavirus/coronavirus-death-toll/> (2020. 06. 25.)
  - 3 Johns Hopkins University Coronavirus Resource Center <https://coronavirus.jhu.edu/data/new-cases> (2020. 06. 25.)



1. ábra A koronavírusjárvány összes halottjai számának napi növekedési üteme világszerte. Forrás: Worldometer és saját számítás.

A járvány lefutása három szakaszban zajlott, az első szakasz január 23-tól (1. nap) február 28-ig (37. nap) tartott, a napi növekedési ütem 35 százalékról 2 százalékra közel egyenletesen csökkent, és a pályát az  $53\% - 0,14\ln(x)$  egyenlet írja le, ahol  $x$  a napok száma január 23-tól. Február végén megfordult a világjárvány dinamikája (Kínából Európába került a vírus) és éppen kétszer olyan dinamikusan nőtt, mint ahogy az első időszakban csökkent. A pályát a  $0,28\ln(x) - 102\%$  írja le (ahol  $x$  a napok száma január 17-től), ami csaknem pontosan a -2-szerese az első szakasznak. A szakasz végén (26. napján) a napi növekedési ütem közel 14%-ra nőtt. Nem tudjuk, hogy van-e mélyebb oka, annak, hogy a két szakaszt leíró egyenlet épp egy kétszeres szorzóban tér el egymástól. Azt sem tudjuk, hogy miért futott le csaknem 0%-ra az első szakaszbeli ütem, mielőtt elindult visszafelé, és végképp ismeretlen, hogy miért állt meg 14%-nál a napi növekedés, (annyit tudunk, hogy 14% esetén a halottak száma 5 naponta megduplázódna). A harmadik szakasz március 26-án kezdődött és három hónappal később még tartott és 1% körüli értéknél hullámozott június 7 és június 22 között. Nem látszik még, hogy visszafordul-e innét, mint a második szakasz esetén történt, vagy folytatja lefelé való útját. Vizsgáljuk ezt meg jobban.



2. ábra Harmadik szakasz napi halottjainak száma. Forrás: Worldometer és saját számítás.

Ami elsőként feltűnik az ábrán, hogy sajátos kicsi ciklusok alkotják az ábrát, jól láthatóan csúcsok helye a 8, 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57, 64, 71, 78, 85 nap (azaz minden csütörtökön heti tetőződést látunk, de mivel a megadott napi jelentés az előző napra vonatkozik, így szerdánként van a heti csúcs és hétvégén a legkisebb a szám. Lehet, hogy statisztikai számbavételi probléma van, lehet, hogy ez a vírus természete, mindenesetre a 13 darab heti ciklus figyelemre-méltó. Nem jelent problémát, hogy az 57. napon lévő csúcsnál nem kisebb a 64. napon lévő csúcs és utána ismét növekedésnek indul a napi halottak száma. (Jobban megfigyelhetjük ezt a mélypontoknál 60. napi halottak száma 575 fővel kisebb, mint a 87. napi halottaké.) Nem az abszolút számok érdekesek, hanem a trendjük, ami lassulást mutat. Az adatok tanulmányozásával azt jósoljuk, hogy 2020 második felében is folytatódik az ütemmérséklődés, a mikéntjére feltevéssel kell éljünk. Annyit mondhatunk, hogy ha a május 27–június 22 közötti lineáris lassulási ütem fennmaradna, akkor 2020 október második felében érne véget a világvárvány, összesen kb. 700 ezer halottal. Ez kevesebb lenne, mint a világnépesség egy tizedre része, a víruson kívül halottak éves száma ennek kb. 20-szorosa, azaz a vírushalál miatt kb. 5%-kal nő meg az éves halottak száma. Közgazdaságilag is célszerű felbecsülni, hogy mibe kerül a világnak a vírusjárvány elleni védekezés, az IMF júniusi becslése<sup>4</sup> nagyjából a világ GDP 5%-os visszaesését mutatja. 5%-kal több halott és 5%-kal kevesebb GDP, ez lehet talán 2020 -as év prognózisának tömör összgezése.

4 World Economic Outlook Update, June 2020 <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020> (2020. 06. 28.)

	halottak száma	napos átl. száma	napok száma	mozgó átlag 2. (napi növekedés)	mozgó átlag 1. (napi növekedés)	átlag 3. (napi növeked)		halottak száma	napos átl. száma	napok száma	átlag 2. (napi növeked)	átlag 1. (napi növeked)	átlag 3. (napi növeked)
Jan. 23	25		1				Apr. 9	100451	100220	78			7,7%
Jan. 24	41		2				Apr. 10	107806	106928	79			6,7%
Jan. 25	56	62	3				Apr. 11	114018	113418	80			6,1%
Jan. 26	80	83	4	34,7%			Apr. 12	119586	119856	81			5,7%
Jan. 27	106	109	5	31,1%			Apr. 13	125229	126463	82			5,5%
Jan. 28	132	140	6	28,9%			Apr. 14	132643	133228	83			5,3%
Jan. 29	170	176	7	25,5%			Apr. 15	140839	140564	84			5,5%
Jan. 30	213	216	8	22,5%			Apr. 16	147843	148107	85			5,4%
Jan. 31	259	262	9	21,3%			Apr. 17	156266	155147	86			4,8%
Feb. 1	304	313	10	19,6%			Apr. 18	162944	161645	87			4,2%
Feb. 2	362	369	11	17,8%			Apr. 19	167841	168202	88			4,1%
Feb. 3	426	430	12	16,6%			Apr. 20	173332	174414	89			3,7%
Feb. 4	492	497	13	15,5%			Apr. 21	180625	180633	90			3,6%
Feb. 5	565	569	14	14,6%			Apr. 22	187327	187156	91			3,6%
Feb. 6	638	646	15	13,6%			Apr. 23	194038	193803	92			3,6%
Feb. 7	724	730	16	12,9%			Apr. 24	200459	199743	93			3,1%
Feb. 8	813	821	17	12,4%			Apr. 25	206567	205246	94			2,8%
Feb. 9	910	916	18	11,6%			Apr. 26	210326	210744	95			2,7%
Feb. 10	1018	1023	19	11,7%			Apr. 27	214838	216278	96			2,6%
Feb. 11	1115	1137	20	11,1%			Apr. 28	221532	221750	97			2,5%
Feb. 12	1261	1261	21	10,8%			Apr. 29	228128	227596	98			2,6%
Feb. 13	1383	1391	22	10,3%			Apr. 30	233927	233583	99			2,6%
Feb. 14	1526	1523	23	9,5%			May. 1	239553	238928	100			2,3%
Feb. 15	1669	1645	24	8,0%			May. 2	244776	243774	101			2,0%
Feb. 16	1775	1770	25	7,6%			May. 3	248257	248618	102			2,0%
Feb. 17	1873	1890	26	6,8%			May. 4	252357	253699	103			2,0%
Feb. 18	2009	2006	27	6,1%			May. 5	258145	258854	104			2,0%
Feb. 19	2126	2123	28	5,8%			May. 6	264958	264423	105			2,2%
Feb. 20	2247	2240	29	5,5%			May. 7	270551	270023	106			2,1%
Feb. 21	2360	2362	30	5,4%			May. 8	276103	275167	107			1,9%
Feb. 22	2460	2477	31	4,9%			May. 9	280358	279640	108			1,6%
Feb. 23	2618	2580	32	4,2%			May. 10	283867	284094	109			1,6%
Feb. 24	2699	2668	33	3,4%			May. 11	287319	288496	110			1,5%
Feb. 25	2763	2748	34	3,0%			May. 12	292821	293101	111			1,6%
Feb. 26	2800	2809	35	2,2%			May. 13	298113	298013	112			1,7%
Feb. 27	2858	2864	36	2,0%			May. 14	303386	303098	113			1,7%
Feb. 28	2923	2922	37	2,0%			May. 15	308424	307799	114			1,6%
Feb. 29	2977	2985	38		2,2%		May. 16	312745	312127	115			1,4%
Mar. 1	3050	3054	39		2,3%		May. 17	316328	316313	116			1,3%
Mar. 2	3117	3126	40		2,4%		May. 18	319750	320420	117			1,3%
Mar. 3	3202	3208	41		2,6%		May. 19	324316	324648	118			1,3%
Mar. 4	3285	3297	42		2,8%		May. 20	328959	329089	119			1,4%
Mar. 5	3387	3393	43		2,9%		May. 21	333889	333681	120			1,4%
Mar. 6	3493	3518	44		3,7%		May. 22	338529	337989	121			1,3%
Mar. 7	3598	3665	45		4,2%		May. 23	342712	342003	122			1,2%
Mar. 8	3826	3847	46		5,0%		May. 24	345858	345799	123			1,1%
Mar. 9	4023	4074	47		5,9%		May. 25	349026	349738	124			1,1%
Mar. 10	4297	4351	48		6,8%		May. 26	352872	353776	125			1,2%
Mar. 11	4627	4671	49		7,4%		May. 27	358220	358176	126			1,2%
Mar. 12	4980	5034	50		7,8%		May. 28	362906	362769	127			1,3%
Mar. 13	5427	5481	51		8,9%		May. 29	367857	367237	128			1,2%
Mar. 14	5841	5991	52		9,3%		May. 30	371988	371253	129			1,1%
Mar. 15	6531	6595	53		10,1%		May. 31	375216	375270	130			1,1%
Mar. 16	7178	7305	54		10,8%		Jun. 1	378298	379288	131			1,1%
Mar. 17	7997	8151	55		11,6%		Jun. 2	382989	383586	132			1,1%
Mar. 18	8979	9135	56		12,1%		Jun. 3	387947	388225	133			1,2%
Mar. 19	10072	10319	57		13,0%		Jun. 4	393478	393102	134			1,3%
Mar. 20	11451	11665	58		13,1%		Jun. 5	398414	397720	135			1,2%
Mar. 21	13094	13202	59		13,2%		Jun. 6	402680	401981	136			1,1%
Mar. 22	14731	15017	60		13,7%		Jun. 7	406083	406086	137			1,0%
Mar. 23	16662	17074	61		13,7%		Jun. 8	409252	410238	138			1,0%
Mar. 24	19147	19391	62		13,6%		Jun. 9	414001	414532	139			1,0%
Mar. 25	21736	22075	63		13,8%		Jun. 10	419175	419069	140			1,0%
Mar. 26	24681	25106	64			13,7%	Jun. 11	424149	423820	141			1,1%
Mar. 27	28149	28309	65			12,8%	Jun. 12	428767	428275	142			1,1%
Mar. 28	31819	31827	66			12,4%	Jun. 13	433006	433279	143			1,0%
Mar. 29	35162	35697	67			12,2%	Jun. 14	436276	436808	144			1,0%
Mar. 30	39323	39913	68			11,8%	Jun. 15	439697	441368	145			1,0%
Mar. 31	44034	44649	69			11,9%	Jun. 16	446296	446107	146			1,1%
Apr. 1	49226	49909	70			11,8%	Jun. 17	451566	451207	147			1,1%
Apr. 2	55498	55550	71			11,3%	Jun. 18	456698	456508	148			1,2%
Apr. 3	61462	61250	72			10,3%	Jun. 19	461776	461158	149			1,0%
Apr. 4	67530	67034	73			9,4%	Jun. 20	466205	465529	150			0,9%
Apr. 5	72536	73143	74			9,1%	Jun. 21	469543	469967	151			1,0%
Apr. 6	78146	79407	75			8,6%	Jun. 22	473423	474404	152			0,9%
Apr. 7	86042	85991	76			8,3%	Jun. 23	478888		153			
Apr. 8	92781	93045	77			8,2%	Jun. 24	483959		154			

1. táblázat: A világjárvány halottjai. Forrás: Worldometer és saját számítás.

A megvizsgálandó kérdés viszont nem ez, hanem az, hogy az erős karantén segít-e a halálozások csökkentésében vagy az utóbbi mástól függ? Ez érzékeny kérdés, a svéd modell (nem kötelező, csak ajánlott mozgáskorlátozás) eredményeit széles körben vitatják. Módszertanilag az tűnik helyesnek, már véglegesnek tekinthető adatok birtokában, ha sikerül megválaszolni azt a kérdést, hogy mi magyarázza a vírusmortalitást túl a karanténon, akkor megmarad az a tér, amiben a karantén (intenzitása) egyáltalán szerepet játszhatott. Ha ez a tér kicsi vagy éppen zérus a hasonló adottságokkal bíró országok vizsgálata esetén, akkor ennek feltehetően lesz hatása a következő években előtörhető újabb járványok kezelése esetén. Most úgy látjuk, hogy az OECD országok nagyon magas gazdasági árat fizetnek a folytatott járványkezelésért cserébe, de egyelőre még nincs megbízható adatunk arra nézve, hogy megmentett-e életeteket a svédnél erőteljesebb mozgáskorlátozás, és hány embert mentett meg.

## 2. Mitől függ a vírushalálozás?

Ez nagyon erős kérdés, ha egyszavas álláspontokat rögzíthetünk, akkor ez úgy hangzik, hogy: a) BCG oltástól, amit Miller és munkatársai 2020,<sup>5</sup> vagy Shet és munkatársai<sup>6</sup> vetettek fel, azóta sokan és sokféleképpen vitatják külhonban, (például a WHO,<sup>7</sup> Bluhm és Pinkovskiy<sup>8</sup> vagy MacLean<sup>9</sup>) és itthon (Bárdits<sup>10</sup>). Az

- 
- 5 MILLER, Aaron – REANDELAR, Mac Josh – FASCIGLIONE, Kimberly– ROUMENOVA, Violeta– LI, Yan – OTAZU, Gonzalo H.: *Correlation between universal BCG vaccination policy and reduced morbidity and mortality for COVID-19: an epidemiological study*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.24.20042937v1.full.pdf> (2020. 06. 25.)
  - 6 SHET, Anita– RAY, Debashree– MALAVIGE, Neelika– SANTOSHAM, Mathuram– ZEEV, Naor Bar: *Differential COVID-19-attributable mortality and BCG vaccine use in countries*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.01.20049478v1.full.pdf> (2020. 06. 25.)
  - 7 Bacille Calmette-Guérin (BCG) vaccination and COVID-19 [https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/bacille-calmette-guérin-\(bcg\)-vaccination-and-covid-19](https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/bacille-calmette-guérin-(bcg)-vaccination-and-covid-19) (2020. 06. 28.)
  - 8 BLUHM, Richard – PINKOVSKIY, Maxim: *The BCG vaccine does not protect against COVID-19: Applying an economist's toolkit to a medical question*. <https://voxeu.org/article/bcg-vaccine-does-not-protect-against-covid-19?fbclid=IwAR0N80ae5KzcmoAE9VG-rhaxfYISedC5oTIMFQcYRV--0k9rNBzGWH4q0ekl> (2020. 06. 25.)
  - 9 MACLEAN Emily: *Universal BCG vaccination and protection against COVID-19: critique of an ecological*. <https://naturemicrobiologycommunity.nature.com/users/36050-emily-maclean/posts/64892-universal-bcg-vaccination-and-protection-against-covid-19-critique-of-an-ecological-study> (2020. 06. 27.)
  - 10 BÁRDITS Anna: *Nem védi az időseket a koronavírusról az újszülöttkori BCG-oltás*. <https://www.mtakti.hu/koronavirus/nem-vedi-az-idoseket-a-koronavirustol-az-ujszulottkori-bcg-oltas/13854/> (2020. 06. 25.)

adatok a világ országai BCG oltottságának időtartamáról és arányáról a BCG-atlas internetes kiadványban<sup>11</sup> található, persze ezeket az adatokat is vitatják. b) Tesztelés minősége és sebessége, aminek segítségével el lehet különíteni a fertőzőket és a veszélyeztetetteket, előbbiek karanténban vagy kórházban, míg utóbbiak védett helyen tölthetik el idejüket. c) Nagyjából egyetértés van abban, hogy a különösen veszélyeztetett csoportot az időskorúak alkotják és sok idős egy helyen (időotthonok és kórházak) jelentősen növeli a mortalitás kockázatát. d) Bevándorlók, amennyiben rosszabb szociális körülmények között élnek, illetve különböző alapbetegségekkel küszködők szintén célcsoportot képezhetnek, ezek az adatok még nem kellően átrostáltak ahhoz, hogy már most globális kijelentést tehetnénk.

Ha részben intuíciónkra, részben a szakirodalomra, illetve a fellelhető statisztikákra támaszkodunk, akkor – az eddigiek alapján is – a vírusmortalitás (VM) négy okát gondolhatjuk el, ami egyúttal mérhető is, és ennek megfelelően elemezhető is lehet (majd) matematikai-statisztikai módszerekkel.

1. BCG. Az, hogy van-e Miller elgondolásában (Miller 2020) empirikus tartalom elemezni lehet, ha egybevetjük a különféle mértékben BCG-s országokat a kevésbé BCG-vel védett országok népességével. Annyit tudunk jelenleg, hogy a legnagyobb vírusmortalitású országok jellemzően nem (nem nagyon) oltottak BCG-vel (Németország, Svédország, USA, Hollandia, Franciaország, UK, Olaszország, Spanyolország). Ezzel szemben többé vagy kevésbé BCG-oltott országok Európában Kelet Európa mellett, Portugália, Görögország, Finnország, Dánia, (Norvégiára nincs adat), Latin Amerika, Ázsia és Afrika nagy része (a BCGatlas az utóbbiaknál kissé szűkszavú).
2. 80+. Az idősek aránya jelentősnek látszik, így célszerű valamilyen évet kiválasztani és nézni a részarányukat a népességben. (Lehet persze azt mondani, hogy szegény országbeli 65 éves nincs jobb helyzetben egészségügyi paramétereit tekintve, mint egy gazdag ország 75 évesese, ebben lehet igazság, de ettől most el kell tekintenünk.) A 80 év felettiek számát 2015-ben az ENSZ a világ minden országára megbecsülte.<sup>12</sup> Feltevésünk szerint minél nagyobb a 80+ évesek részaránya, annál nagyobb lesz a vírusmortalitás, minden mástól eltekintve.
3. Robotsűrűség (RD). Nem a robotok szállnak szembe a vírusokkal 2020-ban, de mutatják egy ország technikai fejlettségi szintjét. A 10 ezer feldolgozóipari

---

11 The World BCG Atlas <http://bcgatlas.org/index.php> (2020. 06. 25.)

12 UN World Population Prospects The 2015 Revision <https://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html> (2020. 06. 25.)

munkásra jutó robotsűrűséget az IFR adataiból<sup>13</sup> ismerhetjük meg és feltevésünk szerint minél nagyobb a robotsűrűség annál kisebb a vírúsmortalitás mivel eredményesen segítheti a technikai fejlettség a vírúsmortalitás elleni harcot, miközben a csatornák közül még keveset sikerült explicitté tenni.

4. Kórházi ágysűrűség (ÁGY). Ez a kategória indikátorként kapcsolatba hozható egy ország egészségügyi ellátottságával. Nemcsak ágyak, hanem orvosok, ápolónők, kórházi készülékek és sok minden egyéb. Feltevésünk szerint, minél több a 100 ezer főre jutó kórházi ágy, annál kevesebb a vírúsmortalitás. Az erre vonatkozó adatok a Világbanktól származnak.<sup>14</sup> (Talán nem értelem nélküli fogalomalkotás a jól felszerelt ágy = ágy + robotika, ez a későbbiekben hasznos eszköz lehet.)

A vírúsmortalitást növeli az öregek aránya és csökkenti a kórházi ágy-, és robotsűrűség, illetve a BCG oltások kiterjedtsége, röviden:  $VM=f(+80^+,-RD,-ÁGY,-BCG)$ . Ha ez igaz, akkor a karantén erőssége nem játszik szerepet a vírúsmortalitás alakulásában. Ekkor elképzelhető, hogy a következő vírúsjárványt nem a világgazdasági teljesítmény (GDP) 5%-os csökkenése (ezen belül EU és USA ennek többszöröse) kísérné, hanem jóval kisebb gazdasági visszaeséssel (netán visszaesés nélkül) vészelnék át a vírúsválságot. Ez utóbbinak komoly jelentősége van, mivel a világgazdaság sem korlátlanul terhelhető.

### **3. Néhány szélső eset vizsgálata, 2020. június 22-én – a majdnem tökéletesen BCG mentes (n-BCG) és a teljesen oltott (BCG) országok esete**

A vizsgálatot több lépésben célszerű végrehajtani. Először azt nézzük, hogy néhány országban, ahol többé-kevésbé az országok a 0 %–100 % BCG-vel való oltottság szempontjából egyértelmű besorolást kaptak mi a helyzet, majd egy második lépésben térünk rá arra, hogy mi van a 25 %-ig vagy 50 %-ig vagy 75 %-ig oltott országok népének halálózásával. A táblázat első oszlopában a vizsgált országok neve, a második oszlopban n-BCG jelzi, hogy nem oltottak BCG-vel (bár lehet, hogy az NDK miatt Németország esete még tovább vizsgálendő), illetve a BCG országokban úgy tudjuk, hogy teljeskörű volt az oltás. (Röviden: illusztrálandó gondolatmenetünket ebben a pontban – elnagyoltan

---

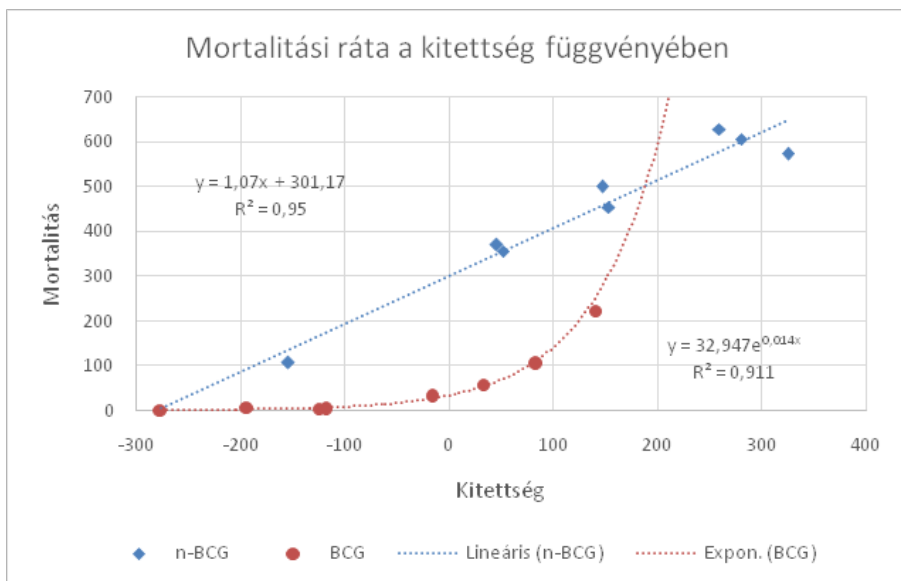
13 IFR World Robotics 2017 Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots. [https://ifr.org/downloads/press/Executive\\_Summary\\_WR\\_2017\\_Industrial\\_Robots.pdf](https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf)(2020. 06. 25.)

14 The World Bank Data Hospital beds (per 1,000 people) <https://data.worldbank.org/indicator/SH.MED.BEDS.ZS?view=chart> (2020. 06. 25.)

– csak két csoportot képezünk, de a későbbiekben bemutatjuk a tényleges hosszát a BCG oltottságnak és puhább színekkel vázoljuk a kapcsolódást.) Várakozásunk az, hogy minden azonos kitettséggel rendelkező BCG-s ország esetén kisebb a vírsmortalitás, mint a nem-BCG-s országok esetén. A kitettség három tényezőtől tevődik össze: a 80 év felettiiek százalékos aránya egy alkalmas szorzóval (100-nak vettük) csökkentve a robotsűrűséggel (1-es szorzó) + a 100 ezer főre jutó kórházi ágyak felével (50-es szorzó). A szorzók próba-szerencse módszerrel kerültek meghatározásra, később ennél jobb (matematikai statisztikai) eszközök használata is indokolt lehet. (Illusztrációként az 1. sz. függelékben GRETL súlyok 31 országra:  $Mortalitás/m.fő=257+108 \times ÖREG-(52 \times ÁGY+0,44 \times RD+3,11 \times BCGévek)$ ,  $R^2=78\%$ -os a magyarázóerő, szignifikáns változókkal, (heteroszkedaszticitás hatását korrigálva). Jó ökonometriai vizsgálat majd a járvány befejeződésekor lesz végezhető.

			100	1	50	kitettség=		
		Halott/m.fő	80+	RD	BED	+100×80 <sup>+</sup>	1M pop	1M pop
		2020. 06.22.	2015	2016	2012- 15	-RD -50×BED	Deaths/	Deaths/
Egy. Királyság	<b>n-BCG</b>	<b>628</b>	4,7	71	2,8	259	<b>628</b>	
Spanyolország	<b>n-BCG</b>	<b>606</b>	5,9	160	3	280	<b>606</b>	
Olaszország	<b>n-BCG</b>	<b>573</b>	6,8	185	3,4	325	<b>573</b>	
Svédország	<b>n-BCG</b>	<b>500</b>	5,1	233	2,6	147	<b>500</b>	
Franciaország	<b>n-BCG</b>	<b>454</b>	6,1	132	6,5	153	<b>454</b>	
USA	<b>n-BCG</b>	<b>370</b>	3,8	189	2,9	46	<b>370</b>	
Hollandia	<b>n-BCG</b>	<b>355</b>	4,4	153	4,7	52	<b>355</b>	
Németország	<b>n-BCG</b>	<b>107</b>	5,7	309	8,3	-154	<b>107</b>	
Dánia	<b>BCG</b>	<b>104</b>	4,2	211	2,5	84		<b>104</b>
Magyarország	<b>BCG</b>	<b>59</b>	4,4	57	7,0	33		<b>59</b>
Csehország	<b>BCG</b>	<b>31</b>	4,1	101	6,5	-16		<b>31</b>
Japán	<b>BCG</b>	<b>8</b>	7,8	303	13,4	-193		<b>8</b>
Szlovákia	<b>BCG</b>	<b>5</b>	3,0	135	5,8	-125		<b>5</b>
Kína	<b>BCG</b>	<b>3</b>	1,6	68	4,2	-118		<b>3</b>
Tajvan	<b>BCG</b>	<b>0,3</b>	2,5	177	6,98	-276		<b>0,3</b>
Kanada	<b>BCG</b>	<b>223</b>	4,2	145	2,7	140		<b>223</b>

2. táblázat: Vírsmortalitás és összetevői. Forrás: ENSZ, IFR, Világbank.



3. ábra: Vírusmortalitás a 'BCG'-s országoknál kisebb, mint a 'nem BCG'-seknél. Forrás: ENSz, IFR, Világbank.

Az adatok ezen (június 22.) a napon is jó illeszkedést mutattak, 90% feletti  $R^2$ -et. (2020. május 29-én még jobb volt az illeszkedés, de igazából az az ábra lesz az érdekes, amit majd a válság lefutása után tudunk készíteni.) Hasonlítsuk össze a két görbét, mekkora a különbség, ha a kitettség -250, -200, -150, -100, -50, 0, +50, +100, +150?

kitettség	többlet	nem-BCG	BCG
-250	33	34	1
-200	85	87	2
-150	137	141	4
-100	186	194	8
-50	231	248	16
0	268	301	33
50	288	355	66
100	275	408	134
150	193	462	269

3. táblázat: A nem BCG-s országok mortalitástöbblete főben azonos kitettség mellett.

A fenti két országcsoporthoz jól láthatóan jelentős előnye származik abból egy országnak, ha BCG-vel oltották és hátránya abból, ha nem oltották. Az egyes kitétségi szinteknél látható, hogy mennyit nyernek a BCG-s országok (-250 és +150 közötti kitétségi szakaszon közel 200 a mediánérték).

Nézzünk meg pár érdekes esetet: a) Magyar-szlovák egybevetés, b) Svéd és dán egybevetése, c) svéd, döntően önkéntes mozgáskorlátozású gyakorlat elemzése.

ad a) Magyarországnak 59 és Szlovákiának 3 halottja van, miként alakult ez ki? Mivel Magyarországon 4,3 míg Szlovákiában 3,0 az idős aránya, ez önmagában 130-cal növeli a kitétséget, a hazai alacsonyabb RD miatt 78-cal tovább romlik a  $(135-57=78)$  a magyar kitétség, végül a kitétség harmadik összetevője a kórházi ágyszám,  $(7,0-5,8)$  ami a megadott szorzó mellett 60-nal javítja a magyar pozíciót. Összességében  $130+78-60=148$  a magyar pozícióhátrány; a hazai halottak száma 54-gyel nagyobb, mint a szlováknak, amiért az exponenciális pálya a felelős.

ad b) Svédország és Dánia kitétség-különbségének összetevői  $100 \times (5,1-4,2)=90$  és  $233-211=22$  valamint  $50 \times (2,6-2,5)=5$  így a kitétségkülönbség  $90-22-5=63$ , de mivel más (BCG vs nem-BCG) görbén található ez a 63 kitétség többletet 396 többlethalottá változtatja.

ad c) Tudjuk, hogy Svédországban alacsony volt a karanténintenzitás, míg más nem-BCG országban magas. Ha a 100%-ban illeszkednének az országok a trendre, úgy kevés tere lenne a vitának, hogy változóink (öreg, robot, ágy) teljeskörűen megmagyarázzák-e nem BCG országban a vírushalálást. Ekkor azt mondhatnánk, hogy nincs szükség a svéd gyakorlatnál erősebb mozgáskorlátozásra, mivel a mortalitást ettől független tényezők határozzák meg. (A jelen adatok szerint talán kicsit több halott van, mint a fenti három összetevő indokolja, az illeszkedés a vizsgált napon nem 100%-os volt 3 változónkra, a karanténintenzitás mortalitási hatását a későbbiekben vizsgálni kell, sőt, éppen ez lesz a legfontosabb vizsgálandó elem.)

3) Több ország vizsgálata, BCG kiterjedtség szerint is csoportokba rendezve

Helytálló a statisztikusok igénye, hogy megfelelő mennyiségű országot kell megvizsgálnunk ahhoz, hogy bizonyítható megállapítást tegyünk, így most 44 országgal próbálkozunk. (A másik lehetőség az lenne, ha NUTS2 adatbázissal az eddigi országaink részeit is vizsgálnánk, ezzel érve el a kellő elemszámot, de ilyen adatbázisunk egyelőre nem áll rendelkezésre.) Most:

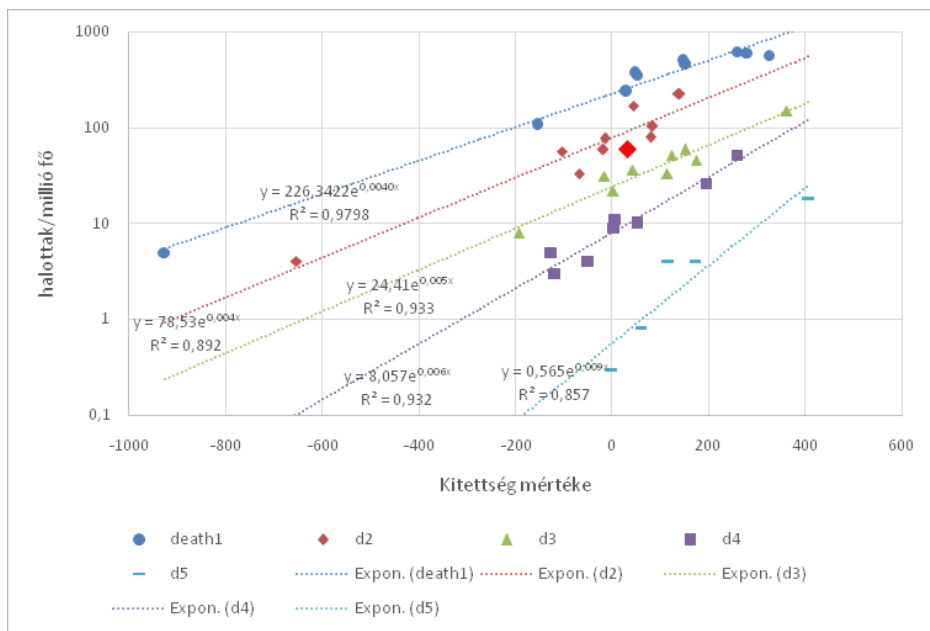
- kiszámítjuk a kitétséget az egyes országokra nézve,
- megnézzük, hogy azonos kitétség esetén van-e (kapcsolat iránya és ereje) kapcsolat BCG és vírushaláltság között,
- ha az adatok azt mutatják, hogy azonos kitétség és kisebb BCG oltás több mortalitással jár, akkor az állítást kvantitatíve igaznak fogadhatjuk el, de

- a függvényeszerű kapcsolat felrajzolása még hátra van.
- d) az előző (3.) ábrán azt látjuk, hogy 0 kitétség mellett a BCG-s ország mortalitása kb. 33 és a nem BCG-s ország mortalitása kb. 300. Ha találunk néhány országot, amelyeknek a kitétsége kb. 0 és a mortalitási sorrendje fordítottan arányos a BCG oltottságával, az növeli bizalmunkat, hogy jó úton haladunk.
- e) a BCG 'érdemjegyet' sem egyszerű kiállítani mivel több dimenzióról van szó.

év	ország	szorzók:		RD (2016)	BED (2010-15)	kitétség	Deaths/m						
		100	1				d0	d1	d2	d3	d4	d5	
1	0 Belgium	5,5	184	6,2	56	837							
2	49 UK	4,7	71	2,8	259		628						
3	16 Spain	5,9	160	3	280		606						
4	0 Italy	6,8	185	3,4	325		573						
5	35 Sweden	5,1	233	2,6	147		500						
6	57 France	6,1	132	6,5	153		454						
7	0 USA	3,8	189	2,9	46		370						
8	0 Netherlands	4,4	153	4,7	52		355						
9	44 Brazil	1,5	10	2,2	30		238						
10	22 Switzerland	5	128	4,7	137				226				
11	27 Canada	4,2	145	2,7	140				223				
12	69 Mexico	1,5	31	1,5	44				169				
13	n.a. Portugal	5,9	58	3,4	362						150		
14	14 Germany	5,7	309	8,3	-154		107						
15	40 Denmark	4,2	211	2,5	84				104				
16	92 Romania	4,1	15	6,3	80				79				
17	38 Austria	5,1	144	7,6	-14				77				
18	65 Finland	5,1	138	4,4	152						59		
19	67 Hungary	4,4	57	7	33				59				
20	68 Turkey	1,4	23	2,7	-18				59				
21	n.a. Russia	3,1	3	8,2	-103				56				
22	58 Slovenia	4,9	137	4,6	123						52		
23	n.a. Estonia	5,2	11	5	259							52	
24	n.a. Norway	4,2	51	3,9	174						46		
25	65 Poland	4	32	6,5	43						36		
26	27 Israel	3	31	3,1	114						33		
27	47 South Africa	1	28	2,8	-68				33				
28	57 Czechia	4,1	101	6,5	-16						31		
29	72 Croatia	4,8	6	5,6	194							26	
30	n.a. Argentina	2,7	18	5	2						22		
31	n.a. Greece	6,4	17	4,3	408								18
32	n.a. Philippines	0,6	3	1	7							11	
33	72 India	0,9	3	0,7	52							10	
34	21 Indonesia	0,7	5	1,2	5							9	
35	69 Japan	7,8	303	13,4	-193						8		
36	45 S. Korea	2,8	631	11,5	-926		5						
37	59 Slovakia	3	135	5,8	-125							5	
38	7 Singapore	2,4	788	2,1	-653				4				
39	30 Australia	3,9	83	3,8	117							4	
40	40 New Zealand	3,6	49	2,8	171							4	
41	n.a. Malaysia	0,8	34	1,9	-49							4	
42	70 China	1,6	68	4,2	-118							3	
43	43 Thailand	2,1	45	2,1	60								0,8
44	69 Taiwan		177										0,3

4. táblázat: Országok, akiről a kitétség mindhárom összetevője + BCG adat rendelkezésre áll. Forrás: ENSZ, IFR, Világbank.

Most 44 ország adatait vizsgáljuk meg. Az 5. táblázat tartalmazza a kiinduló adatokat. Első oszlop mutatja, hogy 44 országot vizsgálunk, mivel mérhető robotsűrűség erre a körre nagyjából rendelkezésre áll. (De Tajvanra nem találunk az adatbázisban megfelelő adatot, a vonatkozó ENSZ kiadvány ebben az évben talán Kína kéréseit tartotta szem előtt és nem tüntette fel Tajvant.) A következő oszlopban az szerepel, hogy hány évig tarthatott a BCG oltás gyakorlata a társadalom egésze számára. A World BCG Atlas kiadvány nem tartalmaz összehasonlítható adatot minden országra, ezzel együtt ezt tartják a legjobb kiadványnak (Miller 2020). Van ország, aminél a honlap megmondja pontosan mikor kezdték az oltást és mikor fejezték be, (mondjuk 37 éven át oltottak), de van, hogy a hatvanas, hetvenes években kezdődött és mai is tart, amit úgy értelmeztünk, hogy 1970–2020 között 50 éven át oltottak. Van, hogy a kiadvány évet nem közölt és kiszámítani (becsülni) sem lehetett. A harmadik oszlop az angol betűs átírata az ország nevének. A sorrendet az adja, hogy 2020. június 22-re a Worldometer-ben elkönyvelt egy millió főre jutó vírushalottak kumulált száma miként alakult. A negyedik oszlopban az ENSZ által 2015-re becsült 80 éven felüliek aránya található százalékban. Az ötödik oszlop a tízezer főre jutó ipari robotok száma, ami mutatja egy ország általános 2016 évi technikai szintjét (IFR 2017). A hatodik oszlopban világbanki adatok mutatják az ezer főre jutó kórházi ágyak számát (2010-15 valamelyik évére). A hetedik oszlop jelzi a kitétséget, vagyis a kitétség =  $100 \times 80^+$  - (robotsűrűség +  $50 \times$  kórházi ágyak sűrűsége). A nyolcadik – tizenkettedik oszlopban (d0, d1, d2, d3, d4, d5) a vírsmortalitás 2020 június 22-i adatait láthatjuk. A későbbiekben majd lesz mód az intuitív találgatáson túl jobb súlyokat alkalmazni (ld. 1. sz. függelék), de jelen (hipotézist alkotó) fázisban ez elfogadhatónak tűnik.



4. ábra: Vírusmortalitás a kitettség függvényében. Forrás: ENSZ, IFR, Világbank.

A 4. ábra világít rá az 5. táblázat sajátos oszlopbeosztására, csoportokat alakítottunk ki, amelyek egy-egy exponenciális görbére fekszenek rá, nem túl nagy szórás mellett ( $R^2 > 0,86$ ).

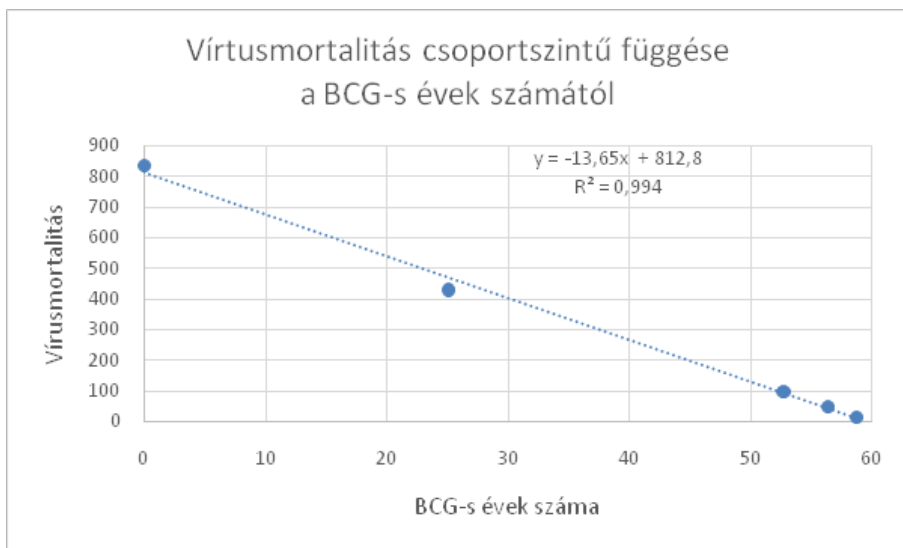
d0) Legfelül található egy elemű 'csoport', Belgium, ahol a halottak száma 837 fő/millió lakos. d1) Alatta helyezkedik el az azonos kitettségre jutó igen sok halott csoportja, melynek tagjait már az eddigiekből is jórészt ismerjük (Egyesült Királyság, Spanyolország, Olaszország, Svédország, Franciaország, USA, Hollandia, Brazília és Németország). A csoportösszetétel meglepő is lehet, a világ gazdasági elitjét jelentik. Az USA és az EU összes jelentős GDP-jű országa mellett megjelenik a BRICS egyik tagja, Brazília is. A 9 országból 3-ban nem volt kötelező BCG oltás. Az országok ráfeksznek a trendre ( $R^2 = 0,98$ ), Svédország is ott található. d2) Az alatta lévő csoport 10 tagú (Svájc, Kanada, Mexikó, Dánia, Románia, Ausztria, Magyarország, Törökország, Oroszország és Dél Afrika), ebből hat egymás szomszédja. Ha az előbbi országcsoport volt az 'Atlantikum' centrális országcsoportjai (USA és az EU nagy országai), a mostani a centrumhatárokon található, két BRICS ország is tagja a csoportnak. d3) A negyedik országcsoport (Portugália, Finnország, Szlovénia, Norvégia, Lengyelország, Csehország, Izrael, Argentína, Japán) 9 tagja (6 európai) nehezen jellemezhető együttesen. d4) Az 5. csoport 8 tagja (Észtország, Horvátország,

Fülöp-szigetek, India, Indonézia, Szlovákia, Malajzia és Kína) ismét két BRICS országot tartalmazó, zömében kelet-ázsiai országcsoport. d5) Végül a csonka csoportba tartozik Görögország, Ausztrália, Új-Zéland, Thaiföld és (Tajvan).

Csoportszinten halálozási ráta és a BCG átlagos oltottsági évei fordított kapcsolatban vannak, azaz minél nagyobb a csoport mortalitási átlaga annál kevesebb a BCG-s évek száma.

	d0	d1	d2	d3	d4	d5
halott/m fő	837	426	99	49	15	5
BCG év	0	25	53	56	59	

5. táblázat A csoportok átlagos vírusszalóhalálása és a BCG-s évek száma. Forrás: ENSZ, IFR, Világbank.



5. ábra Csoportok halálozási rátája és BCG-s évek fordított kapcsolata. Forrás: ENSZ, IFR, Világbank.

Értelmezzük az eredményeket. Mekkora a halálozási rátája annak az országnak, ahol a kitettség éppen 0? Felülről lefelé lépkedve: 226, 79, 24, 8, vagy 0,6 halott/m. fő. Ha tudjuk, hogy a csoportátlag hány BCG-s évet tud maga mögött és mekkora a kitettsége, ebből kiszámítható, hány haláleset volt várható 2020. június 22-ig. Nézzük Magyarország esetét! Előbb számítsuk ki Magyarország (méretes rombusz a 4. ábrán) kitettségét. Az eddigiek szerint:  $100 \times 4,4 - (57 + 50 \times 7) = 33$ . Magyarország pályája a d2, azaz  $78,534 \times \exp(0,0048 \times 33) = 92$ .

Vagyis, ha Magyarország éppen rajta lett volna a trenden, akkor 92 halott/m. fővel kellene számolnia, de Magyarországon csak 59 halott/m fő volt, vagyis Magyarország jobban teljesít.

Nézzük most meg Svédország esetét is, a svéd kitétség (az 5. táblázat alapján) 147 volt, d1 pálya pedig  $226,3422 * \exp(0,004 * 147) = 408$ . A svéd halottak száma ugyanakkor 500 volt, így Svédország – ezen a napon – alulteljesített.

Ez a modell még nem tudja individuálisan kezelni a BCG-s évek számát, csak a csoportra állapít meg átlagértékeket. Azt viszont tudja, hogy azonos kitétség mellett több vagy kevesebb halál vár egy országra, függvényében a BCG-s éveknél is.

Ezzel nem döntöttük el a nagy BCG-s vitát, csak arra mutattunk rá, hogy több szempontból is indokolható csoportképzés mellett található összefüggés a nagyobb BCG-s oltottság jelenléte és a kisebb vírusmortalitás között. Hipotézisünk – amit a tények figyelembevételével állítunk fel, de bizonyítása előtt még számtalan akadály (pl. végleges adatok használata) tornyosul – a következőként összegezhető: a 2020-as világjárvány vírusmortalitása országonként igen egyenlőtlen, ezt 4 tényező látszik magyarázni: a) 80 éven felüliek aránya, b) robot-, c) kórházi ágyak sűrűsége, d) BCG oltottság időbeli hossza, társadalmi kiterjedtsége. Gazdaságpolitikai szempontból elsőrendű annak a megvizsgálása, hogy a prognózisok szerint a világGDP 5%-os (OECD 10%-os) visszaesésével járó víruskezelés helytálló volt-e, nem nyílt volna-e mód olyan kezelésre, amely mellett nem nő a halottak száma, de kevésbé sújtja a gazdaságot.

#### 4. Következtetések

Szerencsés lenne tudnunk, hogy mikorra várható a világjárvány vége és hány áldozattal kell számolnunk. A cikk amellet érvel, hogy júniusban talán már túl voltunk a kétharmadon és kevesebb, mint háromnegyedmillió áldozattal az ősz közepén véget ér(het) a járvány. A napi halottak száma heti ciklust mutatott, úgy tűnik szerdánként jóval többen haltak meg, mint a hét többi napján. Egyszerű modellel vizsgálta a cikk a halálozási rátát, és amellet érvel, hogy minél több az idős ember egy országban annál többen halnak meg, de ezt három tényező is ellentételezi: a magas technikai fejlettség, (amely indikátora lehet a robotsűrűség), a jó egészségügyi ellátás (amit a kórházi ágy-sűrűség jelez) és BCG oltások teljesskörűsége, folyamatos időtartama. Mindezek alapján pár tucat ország vírusmortalitását elemezte a cikk, csoportokra bontva ezen országokat és leírva viselkedésüket. Ha a zérus kitétségét (amikor az öregek veszélyeztettségét a technikai szint és a kórházi ágy-sűrűség

éppen ellensúlyozza) nézzük a BCG-oltottság szerinti országcsoportoknak, a vírusmortalitás rendre 226 halott/millió fő, 78 halott/millió fő, 24 halott/millió fő és 8 halott/millió fő volt, (ez durván 3-as szorzót jelent). A karantént is érintő gazdaságpolitikai vita megvívása még hátra van, meg kell találni, hogy melyik a Pareto-optimális kezelési mód, amely 'nem több halott mellett kisebb gazdasági visszaesést eredményezhet', írásunkban ehhez törekedtünk néhány adalékot szolgáltatni.

*1. sz. függelék 31 ország vizsgálata GRETL-lel, (2020. június 22-i Worldometer adatai)*

Model 9: Heteroskedasticity-corrected, using observations 1-31

Dependent variable: mortalitas

coefficient	std. error	t-ratio	p-value		
const	216,796	88,5258	2,449	0,0214	**
RD	-0,437998	0,0723471	-6,054	2,14e-06	***
beds	-52,7660	20,7493	-2,543	0,0173	**
bcgevek	-3,11438	1,06646	-2,920	0,0071	***
oreg	108,843	36,7607	2,961	0,0065	***

Statistics based on the weighted data:

Sum squared resid 224,6289 S.E. of regression 2,939315  
 R-squared 0,809115 Adjusted R-squared 0,779749  
 F(4, 26) 27,55199 P-value(F) 5,15e-09  
 Log-likelihood -74,68426 Akaike criterion 159,3685  
 Schwarz criterion 166,5385 Hannan-Quinn 161,7057

Statistics based on the original data:

Mean dependent var 192,6774 S.D. dependent var 230,7737  
 Sum squared resid 670692,3 S.E. of regression 160,6109

## A KORONAVÍRUSJÁRVÁNY 2020-BAN

	ország	mortalitas	oreg	RD	beds	bcgevek
1	Belgium	837	5,5	184	6,2	0
2	UK	628	4,7	71	2,8	49
3	Spain	606	5,9	160	3	16
4	Italy	573	6,8	185	3,4	0
5	Sweden	500	5,1	233	2,6	35
6	France	454	6,1	132	6,5	57
7	USA	370	3,8	189	2,9	0
8	Netherlands	355	4,4	153	4,7	0
9	Brazil	238	1,5	10	2,2	44
10	Switzerland	226	5	128	4,7	22
11	Canada	223	4,2	145	2,7	27
12	Mexico	169	1,5	31	1,5	69
13	Germany	107	5,7	309	8,3	14
14	Denmark	104	4,2	211	2,5	40
15	Romania	79	4,1	15	6,3	92
16	Austria	77	5,1	144	7,6	38
17	Finland	59	5,1	138	4,4	65
18	Hungary	59	4,4	57	7	67
19	Turkey	59	1,4	23	2,7	68
20	Slovenia	52	4,9	137	4,6	58
21	Poland	36	4	32	6,5	65
22	Israel	33	3	31	3,1	27
23	South Africa	33	1	28	2,8	47
24	Czechia	31	4,1	101	6,5	57
25	Croatia	26	4,8	6	5,6	72
26	India	10	0,9	3	0,7	72
27	Indonesia	9	0,7	5	1,2	21
28	Japan	8	7,8	303	13,4	69
29	China	3	1,6	68	4,2	70
30	Slovakia	5	3	135	5,8	59
31	Singapore	4	2,4	788	2,1	7

